



DETERMINATION OF LOCAL DIAGNOSTIC REFERENCE LEVEL (LDL) PEDIATRIC PATIENTS ON CT HEAD EXAMINATION BASED ON SIZE-SPECIFIC DOSE ESTIMATES (SSDE) VALUES

PENENTUAN LOCAL DIAGNOSTIC REFERENCE LEVEL (LDRL) PASIEN PEDIATRIK PADA PEMERIKSAAN CT KEPALA BERDASARKAN NILAI SIZE-SPECIFIC DOSE ESTIMATES (SSDE)

Research Report
Penelitian

Risalatul Latifah^{1*}, Naili Z¹, Jannah, Dezy Z.I. Nurdin², Budi P³

¹Department of Health, Faculty of Vocational Studies, Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

²Department of Physic, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

³Radiology Installation, General Hospital Dr. Soetomo, Surabaya-Indonesia

ABSTRACT

Background: CT Scan provides the biggest contribution in receiving radiation doses in patients. Especially in pediatric patients or children. Local DRL (Diagnostic Reference Level) is an effort to optimize radiation for patients in every health facility. During this time the LDRL value is determined from the CTDIvol displayed from the CT Scan workstation. However, CTDI has a weakness which is irrelevant for wide-beam CT and is only a tool output dose, not paying attention to patient size. SSDE is a dose correction based on the patient's geometry. **Purpose:** This study aims to determine the estimation of pediatric patient dose profiles on head CT scan based on SSDE values to determine LDRL. **Methods:** The study was conducted by collecting data on pediatric patient doses with an age range of 0-1 years, 2-5 years and 6-10 years who underwent a head CT scan within the period from July to December 2017. The samples were measured lateral and anterior-posterior diameter for determine the correction factor. The results of the CTDIvol record and conversion factor will determine the SSDE value. The third quartile data from SSDE is specified as LDRL. f_{size}^{16X} The SSDE value in the three groups shows the same trend which is smaller than the CTDIvol value. The correction of the factor f_{size}^{16X} gives estimates of doses received by patients reduced by 2.6%, 8.5% and 20% respectively for ages 0-1 years, 2-5 years and 6-10. Acceptance of patient doses is influenced by tube tension, filament current, rotation time, scan length, number of phases and pitch. **Conclusion:** From the results of the SSDE value, DRL values can be determined for the age group 0-1 years, 2-5 years and 6-10 years respectively $23,1 \pm 1,5$ mGy, $24,3 \pm 1,8$ mGy and $27,5 \pm 10,5$ mGy.

ABSTRAK

Latar Belakang: CT Scan memberikan kontribusi terbesar dalam penerimaan dosis radiasi pada pasien. Terlebih pada pasien pediatrik atau anak-anak. Lokal DRL (Diagnostic Reference Level) menjadi salah satu upaya optimisasi radiasi pada pasien di setiap fasilitas kesehatan. Selama ini nilai LDRL ditentukan dari CTDIvol yang ditampilkan dari workstation CT Scan. Namun, CTDI memiliki kelemahan yaitu tidak relevan untuk CT berkas lebar dan hanya merupakan dosis output alat, tidak memperhatikan ukuran pasien. SSDE merupakan koreksi dosis berdasarkan ukuran geometri pasien. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi profil dosis

ARTICLE INFO

Received 9 Januari 2019

Accepted 15 Maret 2019

Online 31 Maret 2019

*Correspondence (Korespondensi):
Risalatul Latifah

E-mail:
risalatul.latifah@vokasi.unair.ac.id

Keywords:
Computed Tomography Scan,
Radiation Protection, Diagnostic
Reference Level

pasi n pediatrik pada pemeriksaan CT Scan kepala berdasarkan nilai SSDE untuk menentukan LDRL. **Metode:** Penelitian dilakukan dengan menghimpun data dosis pasi n pediatrik dengan rentang usia 0-1 tahun, 2-5 tahun dan 6-10 tahun yang menjalani pemeriksaan CT Scan kepala dalam kurun waktu Juli-Desember 2017. Sampel diukur diameter lateral dan anterior-posterior untuk menentukan faktor koreksi. Hasil catatan CTDIvol dan faktor konversi akan menentukan nilai SSDE. Data kuartil ketiga dari SSDE ditetapkan sebagai LDRL. **Hasil:** Nilai SSDE pada ketiga kelompok menunjukkan tren yang sama yaitu lebih kecil dari nilai CTDIvol. Adanya koreksi dari faktor f_{size}^{16X} memberikan estimasi dosis yang diterima pasi n tereduksi sebesar 2,6%, 8,5% dan 20% berturut-turut untuk umur 0-1 tahun, 2-5 tahun dan 6-10. Penerimaan dosis pasi n dipengaruhi oleh tegangan tabung, arus filamen, rotation time, scan length, jumlah fase dan pitch. **Kesimpulan:** Dari hasil nilai SSDE dapat ditentukan nilai DRL untuk kelompok umur 0-1 tahun, 2-5 tahun dan 6-10 tahun berturut-turut 23,1±1,5 mGy, 24,3± 1,8 mGy dan 27,5± 10,5mGy.

Kata kunci:

Computed Tomography Scan,
Proteksi Radiasi, Level Referensi
Diagnostic

PENDAHULUAN

Sejak ditemukan pada tahun 1972, penggunaan CT Scan semakin meningkat secara signifikan. CT Scan menjadi modalitas radiodiagnostik pionir yang paling mampu mendeteksi anatomi tubuh dalam waktu yang singkat (Susanto, 2014; Janbabanezhad *et al.*, 2015). Di lain hal, CT Scan memberikan kontribusi terbesar dalam penerimaan dosis radiasi pada pasi n. Terlebih pada pasi n pediatrik atau anak-anak. Jaringan tubuh anak-anak memiliki radiosensitif lebih besar dibanding orang dewasa sehingga memiliki potensi efek karsinogenik yang lebih besar. Berrington mengestimasi sebanyak 4.350 jenis kanker baru dapat diinduksi oleh pemeriksaan CT Scan dalam satu tahun di Amerika Serikat (Berrington *et al.*, 2009). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Mathews *et al.* di Australia, melaporkan bahwa dari 60.674 pasi n kanker yang dicatat, ada 3.150 dari 680.211 pasi n diantaranya pernah melakukan pemeriksaan CT Scan satu tahun sebelum diberikan diagnosa kanker. Pemeriksaan CT Scan pada pasi n anak-anak atau remaja menimbulkan berbagai jenis kanker lainnya serta dapat meningkatkan terjadinya kanker sebesar 24% (Mathews *et al.*, 2013). Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa terdapat efek setelah pemeriksaan CT Scan, maka diperlukan suatu usaha untuk mengurangi dosis yang diberikan dengan memperkirakan dosis pasi n secara tepat (Anam *et al.*, 2016).

Memperkirakan dosis secara tepat pada pasi n CT Scan dengan menggunakan indeks optimisasi yang disebut DRL (Diagnostic Reference Level). DRL bervariasi bergantung negara, wilayah serta tujuan. *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) telah memperkenalkan *Diagnostic Reference Level* (DRL) sebagai satu metode optimisasi untuk mengatur dosis dari prosedur pencitraan medis (ICRP, 2010). Penetapan DRL telah banyak dilakukan di beberapa negara diantaranya Iran (C), Jerman (Galanski, 2007), Swiss (Verdun *et al.*, 2008), Inggris (Shrimpton, 2005), Nigeria (Abdullahi *et al.*, 2016), Kamerun (Boniface *et al.*, 2017), dan Iran (Naja *et al.*, 2015). Nilai DRL secara khusus ditetapkan oleh Badan yang berwenang dengan mengambil nilai kuartil

tiga dari sebaran dosis yang disurvei secara Nasional. Metode penentuan nilai DRL juga bisa dilakukan dalam tataran instalasi rumah sakit/fasilitas kesehatan yang biasa dikenal dengan *Local Diagnostic Reference Level* (L-DRL) atau DRL Lokal. Di Indonesia, DRL nasional ditetapkan oleh BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) berdasarkan data LDRL yang dihimpun.

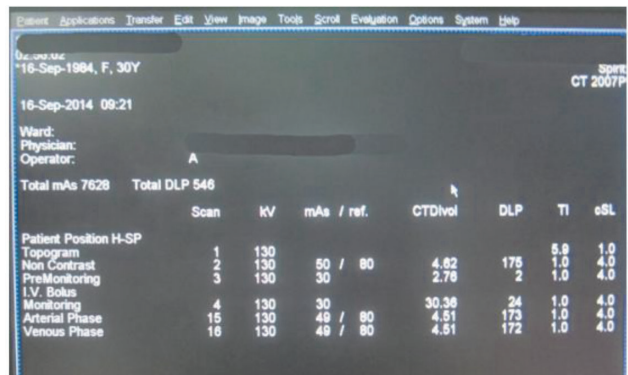
Saat ini, DRL untuk CT Scan dinyatakan dalam CTDIvol (Computed Tomography Dose Index Volume) dan DLP (Dose Length Product), yang mana CTDIvol adalah indikator dosis output dari CT Scan dan DLP merupakan dosis total selama pemeriksaan. Nilai CTDIvol dan DLP ditampilkan pada *workstation* CT Scan (Imai *et al.*, 2014). CTDIvol diukur menggunakan pensil ion chamber 100 mm dan phantom standar yang terbuat dari polymethylmethacrylate (PMMA) dengan diameter 32 cm untuk tubuh dan 16 cm untuk kepala pasi n. CTDIvol bergantung pada parameter paparan seperti tegangan tabung, arus tabung dan *pitch* (Anam *et al.*, 2016). Beberapa tahun ini telah ditemukan kelemahan CTDI pada pemeriksaan CT Scan. Pertama, CTDI tidak relevan untuk CT berkas lebar, karena pensil ion chamber 100 mm yang digunakan tidak cukup untuk mengukur distribusi dosis yang tersebar, yang mana CT Multislice Scan 64 slice merupakan CT berkas lebar. *International Electrotechnical Commission* (IEC) menjelaskan cara pengukuran CTDI yang dimodifikasi agar bisa mengukur distribusi dosis CT berkas lebar (Matsubara, 2017). Kedua, CTDI bukan sebagai indikator dosis pasi n, namun hanya sebagai indikator dosis output dari CT Scan. Hal tersebut dikarenakan dosis pasi n tidak hanya tergantung pada dosis output tetapi juga tergantung pada ukuran pasi n (Anam *et al.*, 2016).

American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Report No. 204 merancang unit baru paparan CT Scan tentang SSDE (Size- Specific Dose Estimates) pada tubuh anak-anak dan dewasa yang menyediakan faktor konversi sebagai fungsi geometrik ukuran pasi n. Faktor konversi berfungsi untuk menerjemahkan CTDIvol ke dosis pasi n di tengah volume pemindaian, yang mana disebut SSDE (Matsubara, 2017). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Imai *et al.*, SSDE disesuaikan

dengan ukuran tubuh, maka dosisnya secara bertahap meningkat seiring dengan bertambahnya berat badan. Metode SSDE yang mengambil ukuran tubuh menjadi pertimbangan, adalah indeks yang sangat memadai untuk memperkirakan dosis paparan khususnya pada anak-anak (Imai *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi profil dosis pasien pediatrik pada pemeriksaan CT Scan kepala berdasarkan nilai SSDE untuk menentukan LDRL.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan retrospektif yaitu menghimpun data dosis pasien paediatik yang menjalani pemeriksaan CT Scan Kepala dengan tipe alat Siemens DURA 422-MV 16 Slice di rumah Sakit “X” dalam kurun waktu Juli-Desember 2017. Sampel dibagi menjadi tiga kelompok yaitu pasien berusia 0-1 tahun dan pasien berusia 2-5 tahun serta pasien berusia 6-10 tahun dengan parameter penyinaran seperti pada Tabel 1. Data dosis pasien diambil dari *dose report* yang tersedia di *workstation* CT Scan. Dosis pasien direpresentasikan dalam CTDIvol dan *Dose length Product* (DLP) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk menentukan SSDE digunakan nilai CTDIvol.

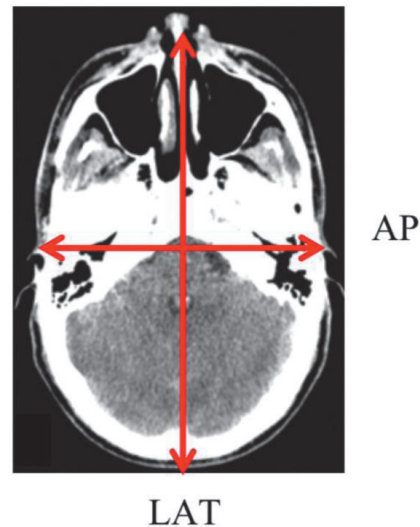


Gambar 1. Tampilan CTDIvol pada *dose report* CT Scan

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) adalah perkiraan dosis pasien yang mempertimbangkan koreksi berdasarkan ukuran pasien yang diwakili oleh diameter efektif, D_{ef} . Formulasi SSDE untuk diameter phantom CTDIvol 16 cm (kepala) dinyatakan pada Persamaan (1).

$$SSDE (mGy) = f_{size}^{16X} \times CTDI_{vol}^{16} \dots\dots\dots (1)$$

yang mana dan $CTDI_{vol}^{16}$ adalah indikator dosis output CT Scan seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan f_{size}^{16X} adalah faktor konversi yang mengacu mengacu pada AAPM Report No. 204 berdasarkan diameter efektif. Diameter efektif dapat diperkirakan sebelum pemeriksaan dengan menggunakan SPR (Scanned Projection Radiograph) gambar atau dapat dihitung seperti pada persamaan (2) setelah pemeriksaan menggunakan gambar CT aksial kepala (Anam *et al.* 2017) dengan ilustrasi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi gambar CT Aksial kepala berdasarkan daerah Anterior Posterior (AP) dan lateral (LAT) (Rumboldt *et al.* 2009)

$$D_{ef} = \sqrt{AP \times LAT} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai SSDE digunakan untuk menentukan LDRL yang didapat dari kuartil 3 dari keseluruhan data.

HASIL

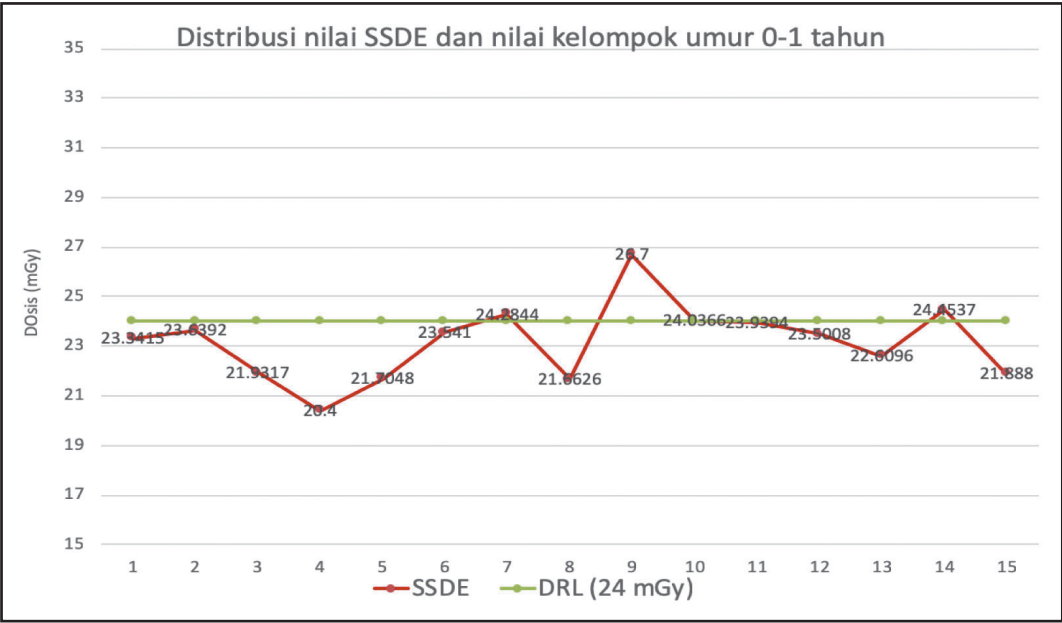
Sebanyak 38 sampel didapat pada rentang waktu penelitian. 38 Sampel terdiri atas 15 untuk kelompok usia 0-1 tahun, 15 untuk kelompok usia 2-5 tahun dan 8 sampel untuk kelompok usia 6-10 tahun dengan rata-rata diameter lateral, diameter anterior-posterior, rata-rata CTDIvol serta SSDE ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Rata-rata penggunaan parameter penyinaran untuk setiap kelompok sampel

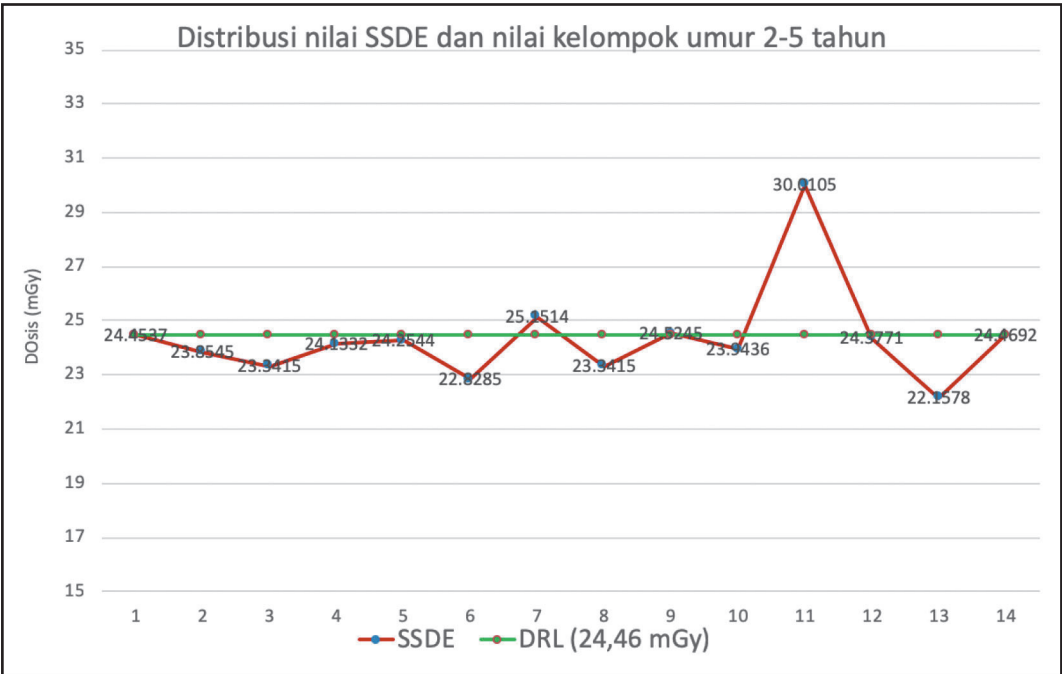
Kelompok Umur	Parameter Penyinaran			
	Tegangan (kVp)	Arus (mAs)	Rotation Time	Pitch
0-1	80-110	80-230	0,6 – 1,5	0,55 – 1,5
1-5	80-130	35-230	0,6 – 1,5	0,6 – 1,5
5-10	110-130	230-240	1 – 1,5	0,55 – 0,7

Tabel 2. Nilai rata-rata diameter AP, LAT, CTDIvol dan SSDE dari 3 kelompok kelompok umur.

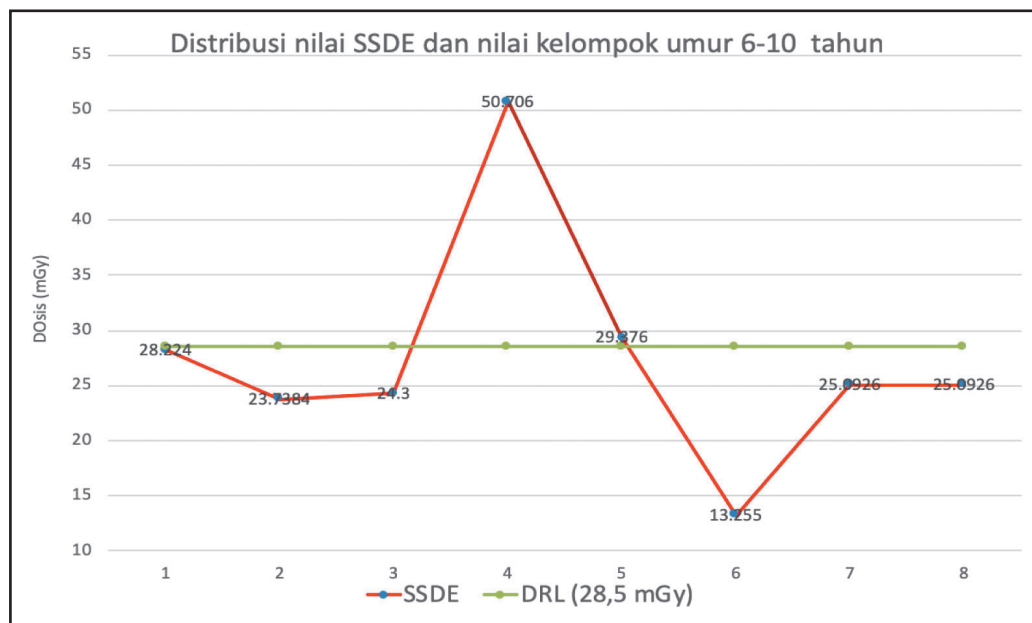
	Nilai rata-rata			
	Diameter AP	Diameter LAT	CTDIvol	SSDE
0 -1	13,1±2,3 cm	11,2 ±2 cm	23,8 ±2,4 mGy	23,1±1,5 mGy
1-5	14,7 ±1,5 cm	12,4 ±1,2 cm	26,4 ±1,8 mGy	24,3± 1,8 mGy
5-10	15,4 ±1 cm	14,2 ±2,5 cm	34,6 ±16,9 mGy	27,5± 10,5mGy
Nilai DRL				



Gambar 3. Nilai sebaran SSDE dan DRL Kelompok Umur 0-1 tahun



Gambar 4. Nilai sebaran SSDE dan DRL Kelompok Umur 2-5tahun



Gambar 5. Nilai sebaran SSDE dan DRL Kelompok Umur 6-10 tahun

Dari Tabel 2 diketahui bahwa semakin besar umur sampel akan memperoleh dosis yang semakin besar. Hal ini dikarenakan besar diameter efektif bertambah. Nilai SSDE pada ketiga kelompok menunjukkan tren yang sama yaitu lebih kecil dari nilai CTDIvol. Adanya koreksi dari faktor f_{size}^{16X} memberikan estimasi dosis yang diterima pasien dengan reduksi 2,6%, 8,5% dan 20% berturut-turut untuk umur 0-1 tahun, 2-5 tahun dan 6-10. Pada kelompok 6-10 tahun memiliki perbedaan signifikan dikarenakan varian datanya yang besar pada variable CTDIvol yaitu 48%. Untuk nilai perbandingan nilai SSDE dan DRL masing-masing kelompok ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

PEMBAHASAN

Diagnostic reference level (DRL) menjadi salah satu upaya optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi pada pasien. *Diagnostic reference level* bermanfaat sebagai alat pendukung audit dosis untuk mewujudkan prinsip penerimaan dosis pasien serendah mungkin yang dapat dicapai dengan tetap memperhatikan kualitas citra yang memadai untuk keperluan diagnostik atau ALARA (As Low As Reasonably Achievable) (Rahadhy dan Intanung, 2014). *Level Diagnostic reference level* (LDRL) merupakan implementasi penerapan DRL berdasarkan kondisi setiap fasilitas kesehatan.

Nilai LDRL didapatkan dari pengolahan statistik dari sebaran data pemeriksaan pasien dalam jangka waktu tertentu tidak selayaknya diambil rerata dari keseluruhan data pasien yang ada di setiap fasilitas kesehatan. LDRL ditetapkan berdasarkan kategori anak-anak dan dewasa. Penentuan LDRL menggunakan CTDIvol akan kurang representatif pada kategori pasien anak-anak. Mengingat

rentang berat badan berkisar dari 3-50 kg sedangkan verifikasi CTDIvol menggunakan fantom ukuran 16 cm dan 32 cm. Penelitian ini mengklasifikasikan LDRL pada anak-anak berdasarkan rentang usia. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, nilai SSDE masing-masing kelompok memiliki perbedaan namun ada tren lurus yaitu meningkatnya kelompok umur menghasilkan nilai SSDE semakin besar.

Sebagai sistem audit dosis pasien, nilai LDRL ini harus direview secara regular. Nilai LDRL tersebut setiap tahunnya diharapkan lebih rendah lagi. Dengan memperbaiki faktor-faktor parameter maupun *skill* radiografer yang mengakibatkan pemberian dosis lebih besar. Sebagai langkah review, data di atas nilai kuartil 3 atau diatas nilai DRL dikaji. Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 menyajikan sebaran dosis dari semua sampel serta nilai LDRL tiap kelompok umur. Nilai yang di atas nilai DRL dievaluasi dari pemilihan parameter *exposure* yang digunakan. Beberapa faktor yang mempengaruhi DRL antara lain: *scan length*, arus tabung (mAs), penggunaan mAs modulation, beda potensial, pitch, rotation time, penggunaan *iterative reconstruction* dan jumlah fase.

Scan Length

Faktor ini dapat diketahui dari hasil nilai SSDE masing-masing kelompok umur yang berbeda. Kelompok umur 6-10 menghasilkan SSDE yang paling besar dikarenakan memiliki diameter efektif yang paling besar. Namun, besar *scan length* tersebut tidak bersifat mutlak karena *scan length* disesuaikan dengan kebutuhan pasien. Menurut Tsapaki and Rehani (2007) *Scan length* pada pemeriksaan berbeda berdasarkan patologi pasien, ukuran pasien, pengalaman operator, dan kondisi demografi suatu

negara (Tsapaki and Rehani, 2007). Untuk meminimalkan pemberian radiasi yang berlebihan tersebut dapat dilakukan dengan mengurangi *scan length* namun tidak sampai mengurangi nilai diagnostiknya. Mengurangi *scan length* pada pemeriksaan CT Scan harus dilakukan oleh operator terlatih karena hal tersebut berkaitan langsung dengan masalah pemberian dosis radiasi. Solusi lain adalah sebaiknya dibuat standar pemeriksaan sesuai dengan permintaan klinis. Sehingga tidak ada perbedaan dalam pemeriksaan yang akan menimbulkan pemberian dosis radiasi yang besar.

Arus Tabung (mAs) dan Penggunaan mA modulation

CT Brain merupakan jenis pemeriksaan dengan protokol pemeriksaan yang menggunakan mA yang tinggi. mA yang tinggi menghasilkan nilai CDTI_{vol} yang paling besar. Penggunaan *mA modulation* akan mempengaruhi penerimaan dosis. *mA modulation* memiliki sistem kerja yaitu penyesuaian nilai mA yang tergantung dari besar area yang di *scanning*. Penurunan dosis berkisar antara 35% sampai 60%, tergantung pada sistem dan pengaturan *mA modulation* (Soderberg, 2010). Tipe alat yang digunakan dalam penelitian belum menggunakan fitur *mA modulation*.

Beda Potensial (kV)

Perubahan nilai kV dapat mengakibatkan pada perubahan dosis radiasi. Penggunaan kV rendah dalam sejumlah protokol yang berbeda menunjukkan bahwa pengurangan tersebut dapat mengurangi dosis radiasi yang diterima pasien. Penelitian pengaruh kV terhadap DLP dilakukan oleh Amando yang mendapatkan hasil bahwa penurunan kV yang terbesar pada CT Scan 64 slice dari 100 kV ke 80 kV penurunan DLP sebesar 40%. Sedangkan penurunan kV terkecil terdapat pada penurunan 120 kV ke 100 kV dengan penurunan DLP sebesar 14% (Amando, 2016).

Pitch

Pitch merupakan parameter yang bergantung pada kolimasi dan *table speed*. Jika pergerakan objek atau pasien lebih cepat maka *pitch* akan meningkat dan akan menurunkan durasi paparan radiasi kepada pasien sehingga dosis radiasi dapat dikurangi. Dosis radiasi berbanding terbalik dengan *pitch* bila semua faktor lainnya konstan. Meningkatkan *pitch* merupakan salah satu cara untuk mengurangi dosis radiasi. *Pitch* mempengaruhi besar CDTI_{vol}, menurut penelitian Puput (2014) diperoleh hasil dengan *pitch* 0,75s CDTI_{vol} yang dihasilkan 55,9 mGy dan *pitch* 1,5s menghasilkan CDTI_{vol} 116 mGy (Puput, 2014). Selain itu penggunaan *pitch* 0,75s dan 1,5s mengurangi 50% dosis radiasi (Kalra, 2013). Penggunaan *pitch* yang besar berbanding terbalik dengan

CTDI_{vol}. Hal ini tidak menjadi mutlak untuk dijadikan *patokan* sebagai nilai *pitch* yang harus digunakan pada setiap pemeriksaan CT Scan. Penggunaan tersebut kembali lagi pada kebutuhan untuk pasien dengan mempertimbangkan dosis radiasi.

Rotation Time

Rotation time sangat mempengaruhi waktu scan dan dosis radiasi. Untuk panjang scan yang sama, dengan *rotation time* yang cepat maka waktu scan menjadi lebih singkat. Dosis radiasi yang diterima pasien sebanding terhadap *rotation time* ketika semua parameter eksposi yang lain konstan. Penelitian pengaruh *rotation time* terhadap DLP pernah dilakukan Fauziyah (2016) didapatkan hasil yang sangat signifikan *rotation time* memberikan sumbangan pengaruh pada nilai DLP dengan dosis radiasi terendah pada 0,35s yaitu 14,2 mGy dan terbesar pada 1,0s yaitu 37,3 mGy (Fauziyah, 2016). Meningkatkan kecepatan rotasi 1,0-0,5 detik per 360° akan mengurangi dosis radiasi sebesar 50% dengan parameter atau variabel lain yang disesuaikan sama untuk mengurangi dosis, sehingga dengan *rotation time* yang lebih cepat secara langsung dapat mempengaruhi dosis yang diterima pasien (Suri and Kathuria, 2011).

Jumlah Fase

Pemilihan jumlah fase juga menentukan pemberian dosis radiasi pada pasien. Jumlah fase ditentukan dari jenis permintaan pemeriksaan. CT scan dengan media contrast memerlukan jumlah fase lebih dari satu, sehingga dosis akan bertambah besar. Sehingga untuk mengurangi dosis radiasi diusahakan untuk tidak dilakukan *scanning* ulang. Pengulangan *scanning* mengakibatkan dosis yang diterima pasien akan lebih besar.

Kombinasi Faktor-faktor di atas mempengaruhi penerimaan dosis pada pasien. Dari Gambar 3, nilai SSDE tertinggi yang melewati nilai LDRL (26.7 mGy) dikontibusi dari jumlah fase sebanyak 4, sehingga menghasilkan dosis paling tinggi dibanding yang lain. Untuk kelompok umur 2-5 tahun, dosis tertinggi dan melampaui nilai LDRL adalah 30,01 mGy, jika dievaluasi dari faktor pemilihan parameternya, tidak ada parameter khusus yang menyebabkan nilai SSDE tinggi, faktor kontribusinya berasal dari diameter efektif pasien yang besar. Demikian pula pada kasus kelompok usia 6-10 tahun.

KESIMPULAN

Estimasi dosis yang diterima pasien pediatric yang menjalani pemeriksaan CT kepala berupa nilai SSDE telah dilakukan. Dari hasil nilai SSDE dapat ditentukan nilai DRL untuk kelompok umur 0-1 tahun, 2-5 tahun dan 6-10 tahun berturut-turut 23,1±1,5 mGy, 24,3±1,8 mGy dan

27,5± 10,5mGy. Faktor yang mempengaruhi penerimaan dosis antara lain *scan length*, tegangan tabung (kVp), arus tabung (mAs), *rotation time*, jumlah fase dan pitch.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi terhadap studi kasus ini. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam studi kasus ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, S.M., Kamal, I.L., Ahidjo, A., Nwobi, I.C. 2016. Diagnostic Reference Level for Patients Investigated with Abdomen Computed Tomography at University of Maiduguri Teaching Hospital. *The African Review of Physics*. Vol.11(10).
- Amando, A.M. 2016. *Studi Komparasi Pengaruh Penurunan kV Terhadap Dosis dan Kualitas Gambar Dari beberapa Modalitas CT Scan Multidetektor*. Skripsi. Fakultas Vokasi Universitas Airlangga
- American Association of Physicists in Medicine. 2011. Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. *AAPM Report No. 204*.
- Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., Dougherty, G. 2016. A fully automated calculation of size-specific dose estimates (SSDE) in thoracic and head CT examinations. *Journal of Physics Conference Series*, Vol 694. Conference 1.
- Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., Dougherty, G. 2017. The Evaluation of the Effective Diameter (Deff) Calculation and its Impact on the Size- Specific Dose Estimate (SSDE). *Atom Indonesia* Vol 43(1).
- Berrington de Gonzales, A., Mahesh, M., Kim, K.P. 2009. Projected Cancer from Computed Tomographic Scan Performed in United States in 2007. *Archive in Internal Medicine*. Vol 192(22). Pp. 2071-2077.
- Boniface, Moifo, Moulion, Jean, R., Guena, Mathorin, N., Ndah, Thierry N., Samba, Richard N., Simo, Agustin. 2017. Diagnostic Reference Level of Adult Ct-Scan Imaging in Cameroon: A pilot Study fo Four Commonest Ct-Protokol in Five Radiology Departements. *Scientific Reserch Publising* 2017. Vol 7. Pp.1-8
- Fauziyah, A. 2016. Pengaruh Variasi Rotation Time Terhadap Nilai DLP (Dose Length Product) Dan Image Noise Pada Pesawat MSCT 128 Slice. Skripsi. Fakultas Vokasi Universitas Airlangga.
- Galanski, M., Nagel, H.D., Stamn, G. 2007. Paediatric Ct Exposure Practice in The Federal Republic Germany: Result of a Nationwide Survey in 2005-2006. *Medizinische Hochschule Hannover*.
- Imai, R., Miyazaki, O., Horiuchi, T., Kurosawa, H., Nosaka, S. 2014. Local diagnostic reference level based on size-specificdose estimates: Assessment of pediatric abdominal/pelvic computed tomography at a Japanese national children's hospital. *Pediatric Radiology*. Vol.45. Pp.345-353.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). 2000. *Managing Patirnt Dose in Computed Tomography*. ICRP Publication 87
- Janbabanezhad, T.A., Shabestani-Monfared, A., Deevband, M.R., Andi, R., Nabahati, M. 2015. Dose Assessment in Computed Tomography Examination and establishment of Local Diagnostic Reference Levels in Mazandaran, Iran. *Journal Biomedical Physics and Engeenering*. Vol.5(4). Pp. 177-184.
- Kalra, M.K., Woisetschläger, M., Dahlström, N., Singh, S., Digumarhty, Do S, Pien, H., Quick, P., Schmidt, B., Sedlmair, M., Shepard, J.A., Persson, A. 2013. Sinogram-affirmed iterative reconstruction of low-dose chest CT: effect on image quality and radiation dose. *AJR*. Vol.201. Pp.235–244
- Mathews, J.D., Forsythe, Anna, V., Brady, Z., Martin W Butler, Stacy K Goergen, Graham B Byrnes, Graham G Giles, Anthony B Wallace, Philip R Anderson, Tenniel A Guiver, Paul McGale, Timothy M Cain, James G Dowty, Adrian C Bickerstaffe, Sarah C Dar. Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ*.
- Matsubara, K. 2017. Computed Tomography Dosimetry: From Basic to State-of- the-art Techniques. *Medical PhysicsInternational Journal*. Vol 5 (1). Pp.61-67.
- Naja, M., Deevband, R.M., Ahmadi, M., Kardan, M.R. 2015. Establishment of Diagnostic Reference Levels for Common multislice Dervtor Computed Tomography examination in Iran. *Australasian Physical & Engineering Science in Medicine*. Vol. 38(4).Pp.603-609
- Puput, K. 2014. Pengaruh Variasi Faktor Eksposi (Tegangan Tabung Dan Arus Waktu) Serta Pitch Terhadap Computed Tomography Dose Index (CTDI) Di Udara Menggunakan CT Dose Profiler. *Youngster Physics Journal*. Vol.3. Pp.363-372
- Rahadhy, S., Intanung, S. 2014. Peranan Radiasi Pasien Pada Pemeriksaan CT-Scan. *Prosiding Seminar Kesehatan Nuklir 2014*; Jakarta, Indonesia.
- Rumboldt, Z., W. Huda, J.W., All. 2009. Review of Portable CT with Assessment of a Dedicated Head CT Scanner. *American Journal of Neuroradiology*. Vol.30(9). Pp.1630-1636.
- Shrimpton, P.C., Hillier, M.C., Lewis, M.A., Dunn, M. 2005. Doses from Computed Tomography (CT) Examination in the UK: 2003 review, Report NRPB-W67. Chilton. UK: National Radiological Protection Board.
- Soderberg, M. 2010. Automatic Exposure control in computed tomography-an evaluation of system from different manufacturers. 2010 Automatic Exposure control in computed tomography-an evaluation of system from different manufacturers. *Acta Radiologica* 51 (6).Pp.625-634
- Suri, J.S., Kathuria, C.N. 2011. Atherosclerosis Disease Management. *Biomedical Technologist*. Inc. United States of America.
- Susanto, A. 2014. Peranan CT Scan Kepala dalam Diagnosis Nyeri Kepala Kronis. *CDK*. 41
- Tsapaki, V., Rehani, M. 2007. Dose Management in CT Facility; *Biomedical Imaging and Interventional Journal Review Article*. Vol.3(2): E43
- Verdun, F.R., Gutierrez, D., Vader, J.P., Aroua, A., Alamo-Maestre, L.T., Bochud, F., et all. 2008. CT Radiation Dose in children: a survey to establish age-based diagnostic Refrence Levels in Switzerland. *European Radiology*. Vol 18.Pp.1980-1986.